

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 12 月 12 日 (12.12.2002)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/099901 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 33/00, 21/28 (74) 代理人: 高松 猛 (TAKAMATSU, Takeshi); 〒107-6028 東京都港区赤坂一丁目 1 2 番 3 2 号 アーク森ビル 2 8 階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/05431
- (22) 国際出願日: 2002 年 6 月 3 日 (03.06.2002) (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願 2001-167835 2001 年 6 月 4 日 (04.06.2001) JP (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 豊田合成株式会社 (TOYODA GOSEI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒452-8564 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 Aichi (JP).

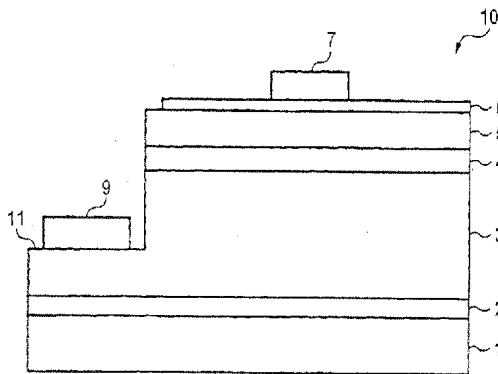
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上村 俊也 (UE-MURA, Toshiya) [JP/JP]; 〒452-8564 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内 Aichi (JP).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING GROUP-III NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法



(57) Abstract: After forming a p-type pedestal electrode forming layer on a translucent electrode forming layer, first and second heat treatment steps for alloying the layer are performed. Heat treatment in the first heat treatment step is performed at a relatively low temperature in an atmosphere containing oxygen, and heat treatment in the second heat treatment step is performed at a relatively high temperature in an atmosphere containing no oxygen.

[続葉有]



---

(57) 要約:

透光性電極形成層の上にp台座電極形成層を積層した後、これを合金化する第1の熱処理工程と第2の熱処理工程を行う。第1の熱処理工程では酸素を含む雰囲気において比較的低温で熱処理し、第2の熱処理工程では酸素を含まない雰囲気において比較的高温で熱処理をする。

## 明 細 書

## III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法

## 技術分野

本発明は III 族窒化物系化合物半導体素子に関する。例えば、青色系発光ダイオードなどの III 族窒化物系化合物半導体発光素子の電極の改良として好適な発明である。

## 背景技術

青色系発光ダイオードなどの III 族窒化物系化合物半導体発光素子においては、素子の全面から均一な発光を得るため種々の提案がなされている。

例えば、p 型層に透光性電極を貼って p 型層の広範囲な面に渡って電流が注入されるようにしている。そのときの透光性電極は第 1 の電極層（例えば Co）の上に第 2 の電極層（例えば Au）を積層して透光性電極形成層を形成し、酸素を含むガス中において 500～600℃の温度で熱処理をする。これにより、透光性電極形成層と p 型層とが合金化され両者の間にオーミックコンタクトが確保されることとなる。なお、このとき第 1 の電極層の構成元素の分布が変化する。

本発明者らの検討によれば、酸素を含む雰囲気において 500℃以上の高い温度で熱処理をすると、p 台座電極の表面状態が変化し、導電性ワイヤーに対する接合力の信頼性が低下する。

また、透光性電極と同様に、p 台座電極も複数の電極層を積層して形成されるが（例えば、下側より Cr、Au を順次積層する）、酸素を含む雰囲気において高温熱処理を実行すると、下側の金属層が一部表面に移動し、そこで偏析する場合が見受けられた。この場合、導電性ワイヤーに対する接合力低下に加えて、ワイヤーボンディング時の画像処理（p 台座電極を認識する）に誤りが生じるおそれがある。

## 発明の開示

この発明は上記の課題を解決すべくなされたものであり、その構成は次の通りである。

III 族窒化物系化合物半導体からなる p 型層の上に、第 1 の金属を積層して第 1 の電極層を形成し、前記第 1 の金属よりも高いイオン化ポテンシャルを有する第 2 の金属を前記第 1 の電極層の上に積層して第 2 の電極層を形成する電極形成工程と、

実質的に酸素を含む雰囲気において第 1 の温度で熱処理をする第 1 の熱処理工程と、

実質的に酸素を含まない雰囲気において前記第 1 の温度より高い第 2 の温度で熱処理をする第 2 の熱処理工程と、

を含む、III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法。

この発明の製造方法によれば第 1 の電極層と第 2 の電極層とを積層してなる電極と p 型層との間に十分なオーミックコンタクトを確保できる。当該電極の上に例えば p 台座電極が形成される場合においても、酸素を含む雰囲気での熱処理条件が低温（穏やかな条件）で行われるため、p 台座電極表面の酸化、および p 台座電極の下地金属層がマイグレーションを起こしてその表面に偏析することを未然に防止できる。

## 図面の簡単な説明

図 1 はこの発明の実施例の発光素子の層構成を説明する。

図 2 は実施例の発光素子の電極の層構成を説明する。

## 発明を実施するための最良の形態

（III 族窒化物系化合物半導体の説明）

この明細書において、III 族窒化物系化合物半導体は一般式として  $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x + y \leq 1$ ) で表され、 $AlN$ 、 $GaN$  及び  $InN$  のいわゆる 2 元系、 $Al_xGa_{1-x}N$ 、 $Al_xIn_{1-x}N$  及び  $G$

$a_x \text{In}_{1-x}\text{N}$  (以上において  $0 < x < 1$ ) のいわゆる 3 元系を包含する。III 族元素の少なくとも一部をボロン (B)、タリウム (Tl) 等で置換しても良く、また、窒素 (N) の少なくとも一部もリン (P)、ヒ素 (As)、アンチモン (Sb)、ビスマス (Bi) 等で置換できる。III 族窒化物系化合物半導体層は任意のドーパントを含むものであっても良い。n 型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C 等を用いることができる。p 型不純物として、Mg、Zn、Be、Ca、Sr、Ba 等を用いることができる。なお、p 型不純物をドーブした後に III 族窒化物系化合物半導体を電子線照射、プラズマ照射若しくは炉による加熱にさらすことも可能であるが必須ではない。III 族窒化物系化合物半導体層の形成方法は特に限定されないが、有機金属気相成長法 (MOCVD 法) のほか、周知の分子線結晶成長法 (MBE 法)、ハライド気相成長法 (HVPE 法)、スパッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等によっても形成することができる。

ここに III 族窒化物系化合物半導体素子には、発光ダイオード、受光ダイオード、レーザダイオード、太陽電池等の光素子の他、整流器、サイリスタ及びトランジスタ等のバイポーラ素子、FET 等のユニポーラ素子並びにマイクロウェーブ素子などの電子デバイスを挙げられる。また、これらの素子の中間体としての積層体にも本発明は適用されるものである。

なお、発光素子の構成としては、ホモ構造、ヘテロ構造若しくはダブルヘテロ構造のものを用いることができる。さらに量子井戸構造 (単一量子井戸構造若しくは多重量子井戸構造) を採用することもできる。

#### (電極層の説明)

p 型層の上に形成される電極層は第 2 の電極層構成元素のイオン化ポテンシャルが第 1 の電極層構成元素のそれより高いものであれば特に限定されるものではない。電極層に透光性を付与するときは、以下に説明する金属元素を採用することが好ましい。

第 1 の電極層の構成元素は第 2 の電極層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素であり、第 2 の電極層の構成元素は半導体に対するオーミック性が

第1の電極層の構成元素よりも良好な元素とするのが望ましい。酸素を含んだ第1の熱処理により、半導体の表面から深さ方向の元素分布は、第2の電極層の構成元素の方が第1の電極層の構成元素よりも深く浸透した分布となる。即ち、電極層の元素分布が電極層の形成時の分布に対して反転している。電極層の形成後には、上側に形成した第2の電極層の構成元素の方が下側になり、下側に形成した第1 n 電極層の構成元素の方が上側に存在する。

望ましくは、第1電極層の構成元素は、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素であり、その膜厚は0.5~15 nmとする。第2電極層の構成元素は、パラジウム(Pd)、金(Au)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)のうち少なくとも1種の元素であり、その膜厚は3.5~25 nmとする。最も望ましくは、第1電極層の構成元素はCoであり、第2電極層の構成元素はAuである。この場合には、熱処理により、半導体の表面から深さ方向の元素分布は、CoよりもAuが深く浸透した分布となる。

#### (p 台座電極の説明)

p 台座電極の形成材料も特に限定されるものではないが、例えば下側から第1金属層としてCr層、第2金属層としてAu層及び第3金属層としてAl層を順次積層する構造とする。

第1金属層はその下の層と強固に結合できるように、第2の金属層よりもイオン化ポテンシャルが低い元素とする。第2の金属層はAl又はAuとのボンディング性が良好で、かつ透光性電極と反応しない元素とする。第3金属層は保護膜と強固に結合できる元素とすることが好ましい。

望ましくは、第1金属層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、コバルト(Co)のうち少なくとも一種の元素であり、その膜厚は1~300 nmである。

望ましくは、第3金属層の構成元素は、アルミニウム(Al)、ニッケル(Ni)、チタン(Ti)のうち少なくとも一種の元素であり、その膜厚は1~30 nmである。

望ましくは、第2金属層の構成元素は金(Au)であり、その膜厚は $0.3 \sim 3 \mu\text{m}$ である。

p補助電極をp台座電極と同一材料でかつ同一方法により形成することができる。この場合、p補助電極とp台座電極とは同一厚さとなる。

p補助電極とp台座電極とを別個に形成することもできる。この場合、p補助電極の材質及び厚さをp台座電極のそれと異ならせることもできる。

p台座電極は導電性ワイヤを周知の方法でボンディングするために十分な面積を有すればその形状は特に限定されない。ボンディング時の位置確認のためには、p台座電極としてn台座電極と異なる形状を採用することが好ましい。

p補助電極は光を遮蔽するので、その幅を狭くすることが好ましい。p補助電極の幅は $1 \sim 40 \mu\text{m}$ とすることが好ましい。更に好ましくは $2 \sim 30 \mu\text{m}$ であり、更に更に好ましくは $3 \sim 25 \mu\text{m}$ であり、更に更に更に好ましくは $3 \sim 20 \mu\text{m}$ であり、最も好ましくは $5 \sim 15 \mu\text{m}$ である。

p台座電極及び／又はp補助電極の周囲に凹凸を設けて、透光性電極との間の接触面積を増大させることが好ましい。

p台座電極の周面は傾斜していることが好ましい。台座電極の周面をテーパ状としておくことにより、台座電極及び透光性電極の表面に形成される保護膜( $\text{SiO}_2$ 膜等)を当該テーパ状部にもほぼ設計膜厚通りに形成することが可能となる。

#### (第1の熱処理工程の説明)

第1の熱処理工程は実質的に酸素を含む雰囲気において行われる。酸素を含む雰囲気を実現するため次のガスを用いることが好ましい。即ち、酸素を含むガスとしては、 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_2$ 、又は、 $\text{H}_2\text{O}$ の少なくとも1種又はこれらの混合ガスを用いることができる。又は、 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_2$ 、又は、 $\text{H}_2\text{O}$ の少なくとも1種と不活性ガスとの混合ガス、又は、 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_2$ 、又は、 $\text{H}_2\text{O}$ の混合ガスと不活性ガスとの混合ガスを用いることができる。要するに酸素を含むガスは、酸素原子、酸素原子を有する分子のガスの意味であ

る。なかでも、酸化性のガス雰囲気が好きましい。

熱処理時の雰囲気圧力は、熱処理温度において、窒化ガリウム系化合物半導体が熱分解しない圧力以上であれば良い。酸素を含むガスは、 $O_2$  ガスだけを用いた場合には、窒化ガリウム系化合物半導体の分解圧以上の圧力で導入すれば良く、他の不活性ガスと混合した状態を用いた場合には、全ガスを窒化ガリウム系化合物半導体の分解圧以上の圧力とし、 $O_2$  ガスは全ガスに対して  $10^{-6}$  程度以上の割合を有しておれば十分である。要するに、酸素を含むガスは極微量存在すれば十分である。尚、酸素を含むガスの導入量の上限値は電極合金化の特性からは、特に、制限されるものではない。要は、製造が可能である範囲まで使用できる。

熱処理温度は  $440^{\circ}\text{C}$  未満とすることが好ましい。熱処理温度が  $440^{\circ}\text{C}$  以上となると、既述の課題が生じるおそれがある。更に好ましい熱処理温度は  $420^{\circ}\text{C}$  未満であり、更に更に好ましくは  $400^{\circ}\text{C}$  未満である。

熱処理時間は、第1の電極層と第2の電極層との間にマイグレーションを生じさせることができれば特に限定されないが、5分～1000分とすることが好ましい。更に好ましくは、10分～500分であり、更に更に好ましくは30分～300分である。

#### (第2の熱処理工程の説明)

第2の熱処理工程は実質的に酸素を含まない雰囲気において行われる。即ち、第1の熱処理工程で用いた酸素含有ガスを用いずに、非酸化性雰囲気もしくは還元性雰囲気で熱処理を実行することが好ましい。具体的には、 $N_2$ 、He、Ar等の不活性ガスや $H_2$ 等の還元性ガス、またはこれらの混合ガス中で熱処理を行うことが好ましい。

熱処理温度は第1の熱処理工程時の熱処理温度より高くする。これにより、電極層とp型層との間にオーミックコンタクトが得られることとなる。当該高温での熱処理を省略すると両者の間にオーミックコンタクトが得られない(表1、比較例3参照)。従って、第2の熱処理工程で要求される熱処理条件は、電極層とp型層との間にオーミックコンタクトを確保するのに十分な加熱温度及び加熱時間



である。

熱処理温度は440℃以上とすることが好ましく、更に好ましくは480℃以上であり、更に更に好ましくは520℃以上である。

熱処理時間は0.1分～180分とすることが好ましい。更に好ましくは、0.3分～60分であり、更に更に好ましくは0.5分～30分である。

第2の熱処理工程における雰囲気圧力は当該熱処理温度においてIII族窒化物系化合物半導体が熱分解されない圧力以上であればよい。

第1の熱処理工程と第2の熱処理工程と実行する順序は特に限定されない。

酸素含有ガスを供給する雰囲気において熱処理温度を徐々に上げていって（第1の熱処理工程に実行）、440℃に達した後は酸素含有ガスの供給を止めそこから第2の熱処理工程を実行するようにしてもよい。

#### <実施例>

以下、この発明の実施例について説明する。

まず、図1に示す構成に半導体層を積層した。

層	組成
p型層 5	p-GaN:Mg
発光する層を含む層 4	InGaN層を含む層
n型層 3	n-GaN:Si
バッファ層 2	AlN
基板 1	サファイア

基板1の上にはバッファ層2を介してn型不純物としてSiをドーブしたGaNからなるn型層3を形成した。ここで、基板1にはサファイアを用いたが、これに限定されることはなく、サファイア、スピネル、シリコン、炭化シリコン、酸化亜鉛、リン化ガリウム、ヒ化ガリウム、酸化マグネシウム、酸化マンガン、III族窒化物系化合物半導体単結晶等を用いることができる。さらにバッファ層はAlNを用いてMOCVD法で形成されるがこれに限定されることはなく、材料としてはGaN、InN、AlGaN、InGaN及びAlInGaN等を用いる

ことができ、製法としては分子線結晶成長法 (MBE法)、ハライド系気相成長法 (HVPE法)、スパッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等を用いることができる。GaNを基板として用いた場合は、当該バッファ層を省略することができる。

さらに基板とバッファ層は半導体素子形成後に、必要に応じて、除去することもできる。

ここでn型層はGaNで形成したが、AlGaN、InGaN若しくはAlInGaNを用いることができる。

また、n型層はn型不純物としてSiをドーブしたが、このほかにn型不純物として、Ge、Se、Te、C等を用いることもできる。

n型層3は発光する層を含む層4側の低電子濃度n-層とバッファ層2側の高電子濃度n+層とからなる2層構造とすることができる。

発光する層を含む層4は量子井戸構造の発光層を含んでいてもよく、また発光素子の構造としてはシングルヘテロ型、ダブルヘテロ型及びホモ接合型のものなどでもよい。

発光する層を含む層4はp型層5の側にマグネシウム等のアクセプタをドーブしたバンドギャップの広いIII族窒化物系化合物半導体層を含むこともできる。これは発光する層を含む層4中に注入された電子がp型層5に拡散するのを効果的に防止するためである。

発光する層を含む層4の上にp型不純物としてMgをドーブしたGaNからなるp型層5を形成した。このp型層はAlGaN、InGaN又はAlInGaNとすることもできる、また、p型不純物としてはZn、Be、Ca、Sr、Baを用いることもできる。

さらに、p型層5を発光する層を含む層4側の低ホール濃度p-層と電極側の高ホール濃度p+層とからなる2層構造とすることができる。

上記構成の発光ダイオードにおいて、各III族窒化物系化合物半導体層は一般的な条件でMOCVDを実行して形成するか、分子線結晶成長法 (MBE法)、ハライド系気相成長法 (HVPE法)、スパッタ法、イオンプレーティング法、電子

シャワー法等の方法で形成することもできる。

その後、マスクを形成して p 型層 5、発光する層を含む層 4 及び n 型層 3 の一部を反応性イオンエッチングにより除去し、n 電極 9 を形成すべき n 電極形成面 11 を表出させる。

次に、図 2 を参照しながら、透光性電極形成層 60 及び p 台座電極形成層 70 の形成方法について説明する。

まず、ウエハの全面に、蒸着装置にて、第 1 の電極層としての Co 層 (1.5 nm) 61 と第 2 の電極層としての Au 層 (60 nm) 62 を順次積層する。次に、フォトリジストを一様に塗布して、フォトリソグラフィにより、n 電極形成面 11 及びその周囲からほぼ 10  $\mu$ m 幅の部分 (クリアランス領域) でフォトリジストを除去して、エッチングによりその部分の透光性電極形成材料 61、62 を除去し、p 型層 5 を露出させる。その後、フォトリジストを除去する。

次に、リフトオフ法により、Cr 層 (30 nm) 71、Au 層 (1.5  $\mu$ m) 72 及び Al 層 (10 nm) 73 を順次蒸着積層して p 台座電極形成層 70 を形成する。

なお、バナジウムとアルミニウムとを順次積層して n 電極形成層も同様にリフトオフ法により形成される。

上記のようにして得られた試料を下記条件で熱処理をした。

表 1

	熱処理工程1				熱処理工程2				熱処理工程3				コンタクト抵抗	光出力	W/B性	外観
	温度 (°C)	時間 (分)	添加ガス	キャリア アガス	温度 (°C)	時間 (分)	添加ガス	キャリア アガス	温度 (°C)	時間 (分)	添加ガス	キャリア アガス				
実施例 1	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>	500	10		N <sub>2</sub>					低	100	○	○
実施例 2	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>	500	10	H <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>	低	100	○	○
実施例 3	500	10		N <sub>2</sub>	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>					低	100	○	○
実施例 4	500	10	H <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>					低	100	○	○
実施例 5	500	10	H <sub>2</sub> (3%)	N <sub>2</sub>	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>					低	100	○	○
実施例 6	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>	440	120		N <sub>2</sub>					低	100	○	○
実施例 7	550	3		N <sub>2</sub>	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>					低	100	○	○
実施例 8	550	3	H <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>					低	100	○	○
比較例 1	550	3	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>									低	100	△	△
比較例 2	550	3		N <sub>2</sub>									高	100	○	○
比較例 3	380	60	O <sub>2</sub> (1%)	N <sub>2</sub>	380	120		N <sub>2</sub>					高	100	○	○

表 1 において、第一の熱処理工程（酸素を含む雰囲気において比較的低温での熱処理）は斜体文字にて表記した。

また、表 1 においてコンタクト抵抗の高低は 20 mA 通電時の素子の電圧を基準にした。

光出力は実施例及び比較例において殆ど差が出なかった。

W/B 性（ワイヤーボンディング性）はボールシェア強度を基準に評価した。

外観は p 台座電極表面を顕微鏡で観察し、表面が一様で均質な場合を○、Cr の偏析が観察された場合を△とした。

表 1 より、実質的に酸素を含む雰囲気において比較的低温で熱処理をする第 1 の熱処理工程と実質的に酸素を含まない雰囲気（好ましくは還元性雰囲気）において比較的高温で熱処理をする第 2 の熱処理工程とを、その順序を問わず実行することにより、比較例 1（従来の方法）と同様に低いコンタクト抵抗を維持しつつ、ワイヤーボンディング特性及び外観性がともに向上することがわかる。

また、第 1 の熱処理工程を省略すると、コンタクト抵抗が高くなることがわかる（比較例 2 参照）。

第 1 の熱処理工程を実施するものの第 2 の熱処理工程（高温での熱処理）を省略するとやはりコンタクト抵抗が高くなることがわかる（比較例 3 参照）。

本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2001 年 6 月 4 日出願の日本特許出願（特願 2001-167835）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように、この発明で提案する 2 段階の熱処理を実行すれば、III 族窒化物系化合物半導体からなる p 型層と透光性電極とのオーミックコンタクトを維持しつつ p 台座電極の表面が酸化されてこれと導電性ワイヤとの接合力が低

下することを未然に防止できる。

この発明は、上記発明の実施の形態及び実施例の説明に何ら限定されるものではない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

以下、次の事項を開示する。

1 1 III 族窒化物系化合物半導体からなる p 型層と、  
該 p 型層の上に形成されて第 1 の金属を含む第 1 の電極層及び該第 1 の電極層の上に形成されて前記第 1 の金属よりも高いイオン化ポテンシャルを有する第 2 の金属を含む第 2 の電極層を備えてなる透光性電極形成層と、を熱処理する方法であって、

実質的に酸素を含む雰囲気において第 1 の温度で熱処理をする第 1 の熱処理工程と、

実質的に酸素を含まない雰囲気において前記第 1 の温度より高い第 2 の温度で熱処理をする第 2 の熱処理工程と、

を含む、熱処理方法。

1 2 前記第 1 の熱処理工程の後に前記第 2 の熱処理工程が実行される、1 1 に記載の熱処理方法。

1 3 前記第 2 の熱処理工程の後に前記第 1 の熱処理工程が実行される、1 1 に記載の熱処理方法。

1 4 前記第 1 の温度は 440℃未満である、1 1～1 3 のいずれか記載の熱処理方法。

1 5 前記第 2 の熱処理工程は非酸化性雰囲気あるいは還元性雰囲気で行われる、1 1～1 4 のいずれかに記載の熱処理方法。

1 6 前記電極形成工程には p 台座電極を形成する工程が更に含まれる、1 1～1 5 のいずれかに記載の熱処理方法。

1 7 前記第 1 の金属はコバルト (Co) であり、前記第 2 の金属は金 (Au) であ

る、11～16のいずれかに記載の熱処理方法。

21 III族窒化物系化合物半導体からなるp型層の上に、第1の金属を含む第1の電極層を積層し、前記第1の金属よりも高いイオン化ポテンシャルを有する第2の金属を含む第2の電極層を前記第1の電極層の上に積層して透光性電極形成層を形成し、該透光性電極形成層を下記2つの熱処理工程により熱処理して得られたIII族窒化物系化合物半導体発光素子、

実質的に酸素を含む雰囲気において第1の温度で熱処理をする第1の熱処理工程、実質的に酸素を含まない雰囲気において前記第1の温度より高い第2の温度で熱処理をする第2の熱処理工程。

22 前記第1の熱処理工程の後に前記第2の熱処理工程が実行される、21に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

23 前記第2の熱処理工程の後に前記第1の熱処理工程が実行される、21に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

24 前記第1の温度は440℃未満である、21～23のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

25 前記第2の熱処理工程は非酸化性雰囲気あるいは還元性雰囲気で行われる、21～24のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

26 前記電極形成工程にはp台座電極を形成する工程が更に含まれる、21～25のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

27 前記第1の金属はコバルト (Co) であり、前記第2の金属は金 (Au) である、21～26のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

## 請 求 の 範 囲

1. III 族窒化物系化合物半導体からなる p 型層の上に、第 1 の金属を積層して第 1 の電極層を形成し、前記第 1 の金属よりも高いイオン化ポテンシャルを有する第 2 の金属を前記第 1 の電極層の上に積層して第 2 の電極層を形成する電極形成工程と、

実質的に酸素を含む雰囲気において第 1 の温度で熱処理をする第 1 の熱処理工程と、

実質的に酸素を含まない雰囲気において前記第 1 の温度より高い第 2 の温度で熱処理をする第 2 の熱処理工程と、

を含む、III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法。

2. 前記第 1 の熱処理工程の後に前記第 2 の熱処理工程が実行される、請求の範囲第 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法。

3. 前記第 2 の熱処理工程の後に前記第 1 の熱処理工程が実行される、請求の範囲第 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法。

4. 前記第 1 の温度は 440℃未満である、請求の範囲第 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法。

5. 前記第 2 の熱処理工程は非酸化性雰囲気あるいは還元性雰囲気で行われる、請求の範囲第 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法。

6. 前記第 2 の温度は 440℃以上である、請求の範囲第 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法。

7. 前記電極形成工程には p 台座電極を形成する工程が更に含まれる、請



求の範囲第 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法。

8. 前記第 1 の金属はコバルトであり、前記第 2 の金属は金である、請求の範囲第 1 項に記載の III 族窒化物系化合物半導体素子の製造方法。

FIG. 1

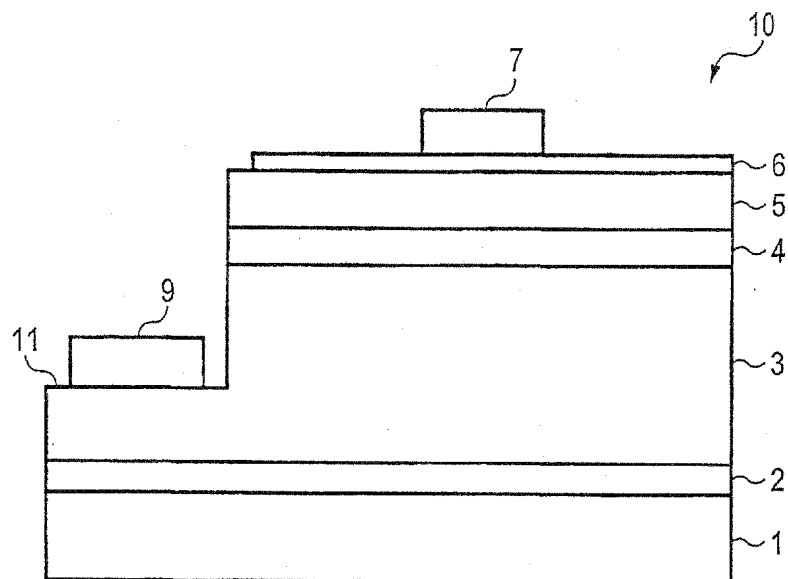
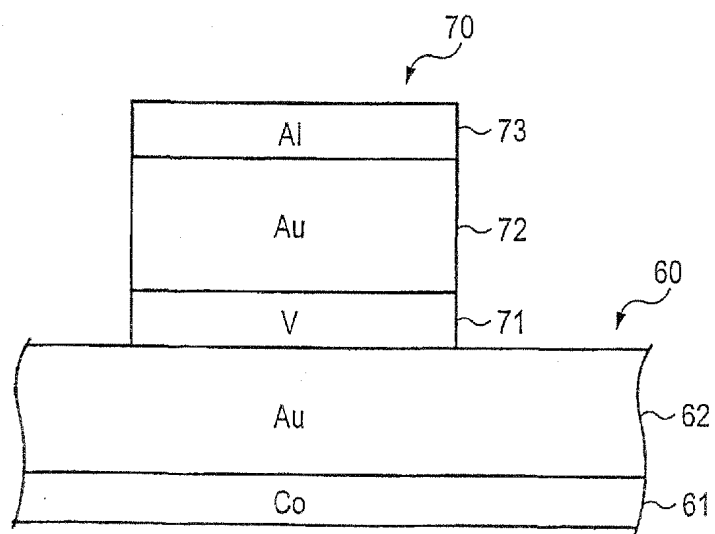


FIG. 2



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/05431

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L33/00, H01L21/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H01L33/00, H01L21/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 845818 A2 (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 03 June, 1998 (03.06.98), Full text; all drawings & JP 10-163529 A                      & JP 10-209493 A & JP 10-229219 A                      & US 2001-18226 A1 & US 6291840 B1                      & KR 98042947 A & TW 362292 A	1-8
A	JP 2000-12899 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 14 January, 2000 (14.01.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2001-15811 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 19 January, 2001 (19.01.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 June, 2002 (21.06.02)

Date of mailing of the international search report

02 July, 2002 (02.07.02)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/05431

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Tomoyuki MAEDA et al., "p-gata GaN ni Taisuru Ohm-sei Denkyokuzai no Sanso Anneal Koka", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Gijutsu Kenkyu Hokoku 22 July, 1998 (22.07.98), Vol.98, No.185, pages 89 to 94	1-8

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H01L 33/00 H01L 21/28

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 H01L 33/00 H01L 21/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	EP 845818 A2 (TOYODA GOSEI CO., LTD) 1998.06.03 全文, 全図 & JP 10-163529 A & JP 10-209493 A & JP 10-229219 A & US 2001-18226 A1 & US 6291840 B1 & KR 98042947 A & TW 362292 A	1-8
A	JP 2000-12899 A (日亜化学工業株式会社) 2000.01.14 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの。

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.06.02

国際調査報告の発送日

02.07.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

道祖土 新吾

2K

9814

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-15811 A(豊田合成株式会社)2001.01.19 全文,全図 (ファミリーなし)	1-8
A	前田知幸 他, 「p型Ga <sub>2</sub> Nに対するオーム性電極材の酸素アニール効果」, 電子情報通信学会技術研究報告 1998.07.22 Vol.98 No.185 p.89-94	1-8